



## Bescheinigung

11046 U.S. PTO  
10/086190  
02/28/02

Die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Vorrichtung und Verfahren zur Beschichtung  
eines Substrates mittels des Hot Filament  
Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Ver-  
fahrens"

am 20. Januar 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wieder-  
gabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol  
C 23 C 16/14 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 15. Dezember 1997  
Der Präsident des Deutschen Patentamts  
Im Auftrag

Patenzzeichen: 197 01 696.0

Ebert

## Vorrichtung und Verfahren zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Verfahrens

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Verfahrens.

10 Mit diesem bekannten Verfahren werden insbesondere diamantbeschichtete Werkzeuge, beispielsweise für die spanende Materialbearbeitung, beschichtet. Eine Diamantschicht muß auf dem Werkzeug haften, sie ist üblicherweise polykristallin. Bei dem Verfahren wird eine aktivierte Gasphase verwendet, das Substrat hat während des Beschichtens in der Regel eine Temperatur von  
15 700 °C bis 950 °C.

Die Filamente sind dabei Drähte, die parallel zueinander in einer Ebene aufgespannt werden. Diese ebene Anordnung der Filamente kann horizontal oder vertikal sein.

20 Die Erfahrung zeigt, daß es bei diesem Verfahren in der Regel zu inhomogenen Temperaturverteilungen und dadurch dann zu inhomogenen Beschichtungen kommt, insbesondere bei kompliziert aufgebauten Substraten, aber auch schon bei runden Werkzeugen, wie Schleifscheiben.

25 Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine homogenere Beschichtung mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition-Verfahrens bei Substraten zu erzielen.

30 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine nicht nur ebene, räumliche Anordnung der Filamente. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert. Zur uniformen Beschichtung von komplex geformten Substraten bedarf es einerseits einer gleichmäßigen Aktivierung der Gasphase durch gleichmäßige Abstände zwischen den Filamenten selbst sowie den Filamenten und dem Substrat. Andererseits bedarf es einer uniformen Temperaturverteilung auf der ge-  
35

samen zu beschichtenden Substratoberfläche. Eine Anpassung der Filamente an die Substrate wird bei zylindrischen Substraten etwa ab einem Durchmesser von  $d = 10$  mm notwendig.

5 Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und damit einem Abgehen von der bisherigen, stets ebenen Filament-Geometrie wird es jetzt möglich, eine ausreichende Schichtdickenhomogenität bei der Beschichtung von Werkzeugen und Bauteilen mit komplexen Geometrien zu gewährleisten. Abschattungseffekte, wie sie hauptsächlich bei ebenen Filamentanordnungen  
10 auftreten, werden durch die völlige Umschließung der Substrate mit Filamenten weitgehend vermieden. Durch Verwendung der beiden Halbschalen und des Kurzschlußringes ist eine Reduzierung der notwendigen Stromstärke möglich. Dadurch wird die elektrische Leistung, die in den Zuleitungen als Wärme verloren geht, geringer gehalten als bei bekannten Verfahren zur Beschichtung  
15 mittels einer ebenen Anordnung aus Filamenten.

Bei Verwenden der alternativen Ausführungsform ohne Kurzschlußring wird über die Länge der Filamente eine große Flexibilität der Anordnung geschaffen. Es können dadurch Werkzeuge mit verschiedensten Durchmessern oder aber  
20 mehrere Werkzeuge gleichzeitig beschichtet werden.

Im Prinzip wird eine Vorrichtung zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-)Verfahrens geschaffen, die durch eine nicht nur ebene, räumliche Anordnung der Filamente gekennzeichnet  
25 ist. Die Form der Aufhängung der Filamente entspricht dabei vorteilhaft der Form des zu beschichtenden Werkzeuges. Bei runden Werkzeugen wird vorzugsweise eine runde Filamentaufnahme vorgesehen. Eine solche Ausführungsform der Vorrichtung weist zwei Halbschalen und einen Kurzschlußring auf. Die Filamente werden zwischen den beiden Halbschalen, welche mit der Stromversorgung verbunden sind, und dem Kurzschlußring eingespannt. Die  
30 Filamente verlaufen zwischen den beiden Halbschalen und dem Kurzschlußring dabei vorteilhaft geradlinig. Das zu beschichtende Werkzeug wird senkrecht in die Vorrichtung eingebracht. Durch das vollständige Umgeben des zu beschichtenden Werkzeuges durch die Vorrichtung zum Beschichten geschieht

5 eine gleichzeitige Beschichtung des Werkzeuges von allen Seiten. Eine  
vorteilhafte alternative Ausführungsform weist keinen unteren Kurzschlußring  
auf. Die Filamente sind in zwei gerade oder gekrümmt geformten Halterungen  
eingespannt. Die Filamente hängen aufgrund ihres Eigengewichts unein-  
10 gespannt herab. Sie bilden dabei im unteren Bereich eine Krümmung aus. Bei  
dieser Ausführungsform wird das zu beschichtende Werkzeug mit seiner  
Drehachse horizontal eingebaut. Während des Beschichtungsprozesses wird  
das Werkzeug gleichmäßig gedreht. Zwar geschieht im Bereich der gekrümmten  
Filamente eine gleichmäßige Beschichtung des Werkzeuges, jedoch würde  
15 ohne Rotation des Werkzeuges im oberen, von den Filamenten nicht  
umgriffenen Bereich eine Inhomogenität der Beschichtung auftreten können.  
Vorteilhaft wird in diesem Bereich beispielsweise ein Strahlungsschild  
angeordnet, damit wenig Wärme nach oben, aus der Vorrichtung heraus,  
verloren geht.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung werden im folgenden Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Verfahrens anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese zeigen in:

- Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Beschichtung;
- Figur 2 eine Seiten- und teilweise Schnittansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 1;
- Figur 3 eine Seiten- und teilweise Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Beschichtung; und
- Figur 4 eine Schnittansicht einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer Vorrichtung 1 zur Beschichtung eines nicht dargestellten Substrates. Die Vorrichtung 1 weist in ihrem oberen Bereich zwei Halbschalen 2, 3 auf. In ihrem unteren Bereich weist die Vorrichtung einen Kurzschlußring auf. Zwischen den beiden Halbschalen 2, 3 und dem Kurzschlußring sind Filamente 5 eingespannt. Die Filamente 5 verlaufen zwischen den beiden Halbschalen und dem Kurzschlußring geradlinig. Aus der einen Halbschale 3 herausragend ist ein segmentierter Filamentaufnahme- ring 6 dargestellt. In Verbindung mit Schrauben 7 am äußeren Umfang der beiden Halbschalen 2, 3 werden durch den Filamentaufnahme- ring 6 die Filamente 5 in den beiden Halbschalen in Filamentaufnahmen 8 festgeklemt.

In dem Kurzschlußring 4 werden die Filamente 5 mittels eines Klemmrings 9 festgeklemt. Dieser wirkt mit Schrauben 10 zusammen.

Die beiden Halbschalen 2, 3 sind mit Stromzuführungen 11, 12 verbunden. Durch Verwendung der beiden Halbschalen wird die notwendige Stromstärke des Stromes, der durch die beiden Stromzuführungen 11, 12 den beiden Halbschalen 2, 3 und damit den Filamenten 5 zugeführt wird, auf unter 1000 A reduziert. Dazu ist es allerdings erforderlich, daß die Aufnahme der Filamente in der Filamentaufnahme 8 und in dem Kurzschlußring 4 so erfolgt, daß der elektrische Kontakt bei allen Filamenten 5 gleich gut, d.h. niederohmig, ist. Dadurch wird eine unterschiedlich starke Aufheizung der einzelnen Filamente vermieden. Dies geht deutlicher aus Figur 2 hervor.

In Fig. 2 ist eine Seiten- und teilweise Schnittansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 1 dargestellt. Um eine gleichmäßige elektrische Kontaktierung der Filamente zu gewährleisten, müssen diese gleichmäßig plastisch verformt werden. Dazu ist einerseits die geradlinige Einspannung der Filamente 5 erforderlich. Dies ist in Fig. 2 dargestellt. Zum Schaffen einer niederohmigen Kontaktierung der Filamente in der Filamentaufnahme 8 und in dem Kurzschlußring 4 sind der Filamentaufnahme 6 und der Klemmring 9 konisch zulaufend, mit einer jeweiligen abgeschrägten Wandung 13, 14 gefertigt. Die beiden Filamentaufnahme 6 innerhalb der beiden Halbschalen 2, 3 sind schräg abgeschnitten, um nicht an den Stoßstellen der beiden Ringe die Kontaktierung zu verschlechtern.

Durch Vorsehen einer glatten Oberfläche innerhalb der Filamentaufnahmen in den beiden Halbschalen 2, 3 und dem Kurzschlußring 4 können verschiedene, frei wählbare Abstände von Filamenten 5 zueinander geschaffen werden. Dadurch können unterschiedliche Anzahlen von Filamenten innerhalb der Vorrichtung 1 aufgenommen werden. Dies schafft eine größere Variabilität bezüglich der zu beschichtenden Werkzeuge 15. Die Werkzeuge werden, wie angedeutet, senkrecht in der Vorrichtung angeordnet. Die Filamente sollten dabei überall gleichmäßig einen Abstand von etwa 10 mm zu der zu beschichtenden Fläche des Werkzeuges 15 aufweisen. Dadurch wird eine gleichmäßige und optimale Beschichtung des Werkzeuges ermöglicht. Die Oberfläche des Werkzeuges bzw. das Substrat wird durch die allseitige Ummantelung mit den Filamenten in der Vorrichtung gleichmäßig homogen

beschichtet, da eine homogene Temperaturverteilung in der gesamten Vorrichtung geschaffen wird.

Anstelle der einzelnen Filamente 5 können auch Filamentgitter eingespannt werden. Die Aufnahme solcher Filamentgitter in dem Kurzschlußring und den beiden Halbschalen ist leichter möglich als bei Vorsehen von mehreren einzelnen Filamenten. Zudem führt die Aufnahme eines Gitters bzw. mehrerer Gitter zu einer noch homogenen Temperaturverteilung in der Vorrichtung 1. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden Filamenttemperaturen von oberhalb 1900 °C bis maximal 2700 °C erreicht. Filamentaufnahme ring, Kurzschlußring und Klemmring bestehen aus Molybdän oder einem anderen hochschmelzenden Metall, um durch den Kontakt mit den heißen Filamenten nicht zu schmelzen.

Es können unterschiedliche Filamentdurchmesser verwendet werden, beispielsweise  $d = 0,5 \text{ mm}$  bis  $1,5 \text{ mm}$ , da der Filamentaufnahme ring segmentiert ist und die Segmente des Ringes angeschrägt sind. Da Kurzschlußring 4 und Klemmring 9 konusförmige Klemmflächen aufweisen, können unterschiedliche Filamentdurchmesser eingespannt werden.

Bei geringen Filamentdurchmessern kann auf die Schrauben 10 verzichtet werden, wenn die konusförmigen Klemmflächen so ausgelegt sind, daß ihre Klemmkraft zum Einklemmen der Filamente auch ohne Schrauben ausreicht. Dadurch würde Gewicht eingespart, nämlich die Schrauben selbst und im Kurzschlußring 4 und dem Klemmring 9 das Material, welches zum Einfügen der Gewinde benötigt wird.

Figur 3 zeigt eine teilweise Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zum Beschichten. Im Gegensatz zu der in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Vorrichtung weist die Vorrichtung gemäß Fig. 3 keinen Kurzschlußring 4 auf. Die in eine Filamentaufnahme 16 eingespannten Filamente 17 hängen aufgrund ihres Eigengewichtes mit einer leichten Krümmung von der Filamentaufnahme 16 nach unten. Sie passen sich annähernd einem zylindrischen Substrat an. Die beiden Filamentaufnahmen 16 sind jeweils Teil

Die beiden Halterungen 18, 19. Die beiden Halterungen sind parallel zueinander in einem vorbestimmten Abstand zueinander vorgesehen. Die beiden Halterungen 18, 19 sind vorzugsweise nicht gerundet, sondern gerade geformt. Sie können aber auch, um an ein entsprechend geformtes Werkzeug angepaßt zu sein, Krümmungen aufweisen.

Die beiden Halterungen 18, 19 sind mit Stromzuführungen 20, 21 versehen. Das zu beschichtende Werkzeug 22 wird in die Vorrichtung 1 in waagerechter Ausrichtung eingefügt. Die herabhängenden Filamente 17 ummanteln das Werkzeug. Lediglich im oberen Bereich, in dem keine Filamente 17 vorgesehen sind, könnte die von den Filamenten beim Beschichtungsprozeß ausgehende Wärme verlorengehen. Um dies zu verhindern, wird an den beiden Halterungen 18, 19 jeweils ein Strahlungsschild 23 vorgesehen. Um eine homogene Beschichtung zu gewährleisten, wird das Werkzeug um seine horizontale Drehachse innerhalb der Vorrichtung 1 gedreht.

Der Vorteil dieser Vorrichtung gegenüber der Vorrichtung gemäß Fig. 1 ist, daß über den Abstand der beiden Halterungen 18, 19 zueinander unterschiedliche Durchmesser von Werkzeugen in der Vorrichtung aufgenommen werden können, da eine Anpassung an die entsprechenden Durchmesser stattfinden kann. Eine solche Anpassung an verschiedene Durchmesser der Werkzeuge geschieht bereits auch über die verschiedenen zu wählenden Längen der Filamente. Durch Vorsehen eines Langloches 25 in einer Halteraufnahme 24 können durch Verschieben der Halteraufnahme 24 die Filamente unterschiedlichen Substratdurchmessern angepaßt werden. Die Länge der Filamente wird dem zu beschichtenden Substrat angepaßt. Die Flexibilität der Vorrichtung wird daher über die Länge der Filamente geschaffen. Des weiteren können bei dieser Ausführungsform mehrere Werkzeuge gleichzeitig in die Vorrichtung eingefügt und darin beschichtet werden.



In Figur 4 ist eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 im Schnitt dargestellt. Der Aufbau der Vorrichtung 1 ist nahezu identisch mit dem gemäß Fig. 1 und 2. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß anstelle von nur einer Reihe von Filamenten in der Ausführungsform gemäß Fig. 4 zwei Reihen von Filamenten 26 vorgesehen sind. In die Vorrichtung ist ein Werkzeug oder Substrat 28 senkrecht eingefügt. Die Filamente 26 sind also im Querschnitt dargestellt. Das Werkzeug 28 weist Auskragungen 27 auf. Die innere Reihe 29 der Filamente 26 ist so angeordnet, daß jeweils ein Filament zwischen zwei Auskragungen 27 des Werkzeugs 28 vorgesehen ist. Die äußere Reihe 30 der Filamente 26 ist hingegen so angeordnet, daß jeweils vor einer solchen Auskragung 27 des Werkzeugs 28 ein Filament angeordnet ist. Die Filamente 26 stehen daher zueinander in den beiden Reihen jeweils in Lücke. Durch das Vorsehen dieser konzentrisch zueinander angeordneten und zueinander versetzten Filamente 26 werden die Lücken zwischen den Auskragungen 27 des Werkzeugs 28 optimal beschichtet. Gerade bei Werkzeugen der in Fig. 4 dargestellten Art erweist sich die dargestellte Vorrichtung mit zweireihig vorgesehenen Filamenten 26 als besonders vorteilhaft.

### Bezugszeichenliste

01	Vorrichtung
02	Halbschale
03	Halbschale
04	Kurzschlußring
05	Filamente
06	Filamentaufnahme
07	Schrauben
08	Filamentaufnahme
09	Klemmring
10	Schrauben
11	Stromzuführung
12	Stromzuführung
13	abgeschrägte Wandung
14	abgeschrägte Wandung
15	Werkzeug
16	Filamentaufnahme
17	Filamente
18	Halterung
19	Halterung
20	Stromzuführung
21	Stromzuführung
22	Werkzeug
23	Strahlungsschild
24	Halteraufnahme
25	Langloch
26	Filamente
27	Auskragung
28	Werkzeug
29	Innere Reihe
30	äußere Reihe

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Verfahrens,  
gekennzeichnet durch eine nicht nur ebene, räumliche Anordnung der Filamente (5, 17, 26).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Filamente (5, 17, 26) das zu beschichtende Substrat umgeben.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Aufhängung der Filamente der Form des zu beschichtenden Substrates oder eines Werkzeugs (15, 22) angepaßt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Filamente dabei einen Abstand von 1 mm bis 30 mm zu der zu beschichtenden Fläche des Substrates aufweisen.
5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Filamente (5) zwischen zwei nahezu halbkreisförmigen Halbschalen (2, 3) und einem dazu parallel angeordneten Kurzschlußring (4) geradlinig eingespannt sind.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Filamente (17) in parallel zueinander angeordneten Halterungen (18, 19) an beiden Enden eingespannt sind, und  
daß sich durch das Eigengewicht der Filamente (17) eine Krümmung ausbildet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Strahlungsschilde (23) an den Halterungen (18, 19) zum Schutz vor  
Wärmeverlust angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Halteraufnahmen (24) Langlöcher (25) zur flexiblen Einspannung von  
Filamenten (17) unterschiedlicher Länge aufweisen.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Filamente (26) auf konzentrischen Kreisen zweireihig so angeordnet  
sind, daß jeweils in der inneren Reihe (29) die Filamente zwischen Auskra-  
gungen (27) des Werkzeugs (28) oder Substrats eingefügt und in Lücken der  
äußeren Reihe (30) der Filamente angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Filamentaufnahmen (8, 16) und Filamentaufnahmering (6) der Halb-  
schalen (2, 3) oder Halterungen (18, 19) und/oder ein Klemmring (9) des  
Kurzschlußringes (4) konisch zulaufend, mit angeschrägter Wandung (13,  
14) vorgesehen sind.
11. Verfahren zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament  
Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Verfahrens,  
gekennzeichnet durch eine gleichzeitige Beschichtung des Substrates von  
mehreren Seiten.

12. Verfahren nach Anspruch 11,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß bei einer Vorrichtung (1) mit zwei Halbschalen (2, 3) und einem Kurzschlußring (4) ein zu beschichtendes Werkzeug (15) oder Substrat in vertikaler Ausrichtung, bei einer Vorrichtung mit zwei Halterungen (18, 19) und frei hängenden Filamenten (17) das zu beschichtende Werkzeug (22) oder Substrat in horizontaler Ausrichtung in die Vorrichtung eingebracht wird.

10 13. Verfahren nach Anspruch 12,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Werkzeug (22) oder Substrat innerhalb der Vorrichtung mit den beiden Halterungen (18, 19) um seine horizontale Drehachse rotiert wird.

## Zusammenfassung

5 Bei einer Vorrichtung zur Beschichtung eines Substrates mittels des Hot Filament Chemical Vapor Deposition (HF-CVD-) Verfahrens ist eine nicht nur ebene, räumliche Anordnung der Filamente (5, 17, 26) vorgesehen.

(Figur 1)